

**INRA  
Unité de Recherches en  
Ecophysiologie Forestière  
54280 CHAMPENOUX**

**CIRAD-Forêt  
45bis, avenue de la Belle Gabrielle  
94736 Nogent-sur-Marne**

**RAPPORT DE MISSION  
AU BURKINA FASO**

**12-26 février 1994**

**Ecophysiologie et Amélioration génétique de *Faidherbia albida***

**E. DREYER  
H.I. JOLY**

## SOMMAIRE

- Contexte .....	1
- Déroulement de la mission .....	1
- L'IRBET .....	3
. Objectifs principaux du travail de thèse de O. ROUPSARD et des recherches complémentaires sur <i>F. albida</i> .....	3
. Synthèse des caractéristiques écologiques et physiologiques de <i>F. albida</i> .....	4
. Etat général des placettes de comparaison de provenances et de descendance de <i>F. albida</i> à Gonsé et à Dinderesso .....	5
. Parc à <i>F. albida</i> de Dossi près de Houndé (pays Bwa ou Bobo Oulé) à 230 km à l'est de Ouagadougou .....	6
. Mesures, et collectes d'échantillons réalisées sur place .....	7
. Projet de travail de thèse de O. ROUPSARD : situation après les visites de terrain et les premiers essais de mesures écophysiologiques .....	8
- Conclusion générale .....	11
- Annexe 1 - Thèse d'Olivier ROUPSARD .....	13
- Annexe 2 - Première proposition de projet de recherches sur <i>F. albida</i> .....	16



## Rapport de mission au Burkina Faso

### Ecophysiologie et Amélioration génétique de *Faidherbia albida*.

12-26 Février 1994

**Erwin Dreyer**, Chargé de Recherches, Ecophysiologie Forestière, INRA NANCY, F 54280 CHAMPENOUX

**Hélène Joly**, Responsable du Programme Amélioration, CIRAD-Forêt, NOGENT SUR MARNE, présente du 12 au 18 Février.

**Lieu de mission** : Département des Recherches Forestières de l'Institut de Recherches en Biologie et Ecologie Tropicales (IRBET), Centre de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), OUAGADOUGOU, Burkina Faso.

*Cette mission avait lieu dans le cadre de la Convention INRA/CIRAD-Forêt en cours de signature : Ecophysiologie et Amélioration génétique de *Faidherbia albida*.*

#### Contexte.

Cette mission avait pour objectif la mise en route effective des opérations de recherches prévues dans le cadre de la convention CIRAD-INRA et plus particulièrement le démarrage du travail de thèse de Olivier ROUPSARD, allocataire de recherches du CIRAD, effectuant une partie de son travail de recherches à l'IRBET. Le sujet de ce travail de thèse ainsi qu'un planning prévisionnel établi antérieurement sont joints en annexe. Les objectifs de cette mission étaient les suivants : (1). prendre contact avec les responsables et chercheurs de l'IRBET pour discuter des thèmes de recherches envisagés, et les affiner ; (2). discuter avec les chercheurs du Programme Amélioration de l'IRBET les modalités de mise en route de ces recherches ; (3). visiter les plantations comparatives de provenances et de descendance de *F. albida* installées au Burkina Faso, sur lesquelles les expérimentations devront porter ; (4). tester l'utilisation d'équipements de terrain pour la mesure de photosynthèse et de conductance stomatique, et enfin (5). faire une première récolte d'échantillons de *F. albida* destinés à des analyses de composition isotopique  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ .

#### Déroulement de la mission.

Samedi 12/2 : Départ de Nancy (ED) ou de Nogent (HJ) pour Ouagadougou. Arrivée à 22h30, heure locale. Accueil par Olivier Rounsard.

Dimanche 13/2 : Matinée de détente, puis visite d'un parc à Karités (*Butyrospermum parkii*) et Nérés (*Parkia biglobosa*) dans la proche périphérie de Ouagadougou, en compagnie de M. Sidibou SINA, chercheur au Centre National des Semences Forestières (CNSF). Discussion du travail de thèse de M Sina sur *P. biglobosa* (HJ).

Lundi 14/2 : Arrivée à l'IRBET, rencontre des principaux chercheurs du Département des Recherches Forestières de l'IRBET : M OUADBA, directeur de l'IRBET, M. Bakary DIALLO, responsable du Programme Amélioration, Mlle Brigitte BASTIDE, ATD Coopération, chercheur du programme Amélioration, M. Daniel-Yves ALEXANDRE, ORSTOM, conseiller scientifique de l'IRBET, M. Denis DEPOMMIER, CIRAD, chercheur du programme



"Agroforesterie", M. Yves NOUVELLET, CIRAD, chercheur du programme "Gestion des Forêts Naturelles", et A. BA, responsable du programme "Microbiologie". Première discussion avec B. DIALLO, B. BASTIDE et O. ROUPSARD, ce dernier étant arrivé à Ouagadougou depuis une semaine. Dans l'après midi, réception du matériel scientifique de O. Rounsard au fret de l'aéroport. En soirée, rencontre de M. DUBERNARD, délégué du CIRAD au Burkina Faso.

Mardi 15/2 : Visite des essais de provenances de *F. albida* à Gonsé, à 15 km à l'est de Ouagadougou, avec B Diallo, B. Bastide et O. Rounsard. Constatation d'importants dégâts de feu et de prélèvements illégaux.

Dans l'après midi, exposé (ED) de présentation des thématiques scientifiques qui seront abordées lors du travail de thèse de O. Rounsard à l'ensemble des chercheurs forestiers de l'IRBET.

Mercredi 16/2 : Visite d'un terroir villageois comportant un parc de *F. albida* à DOSSI, à 250 km à l'Ouest de Ouagadougou, en compagnie de D. Depommier, qui en analyse le fonctionnement depuis plus de 2 ans. Repérage d'arbres typiques de différentes situations écologiques en vue de prélèvements et d'expérimentations futures.

Jeudi 17/2 : mise au point des modalités pratiques des premiers travaux de O Rounsard lors de son premier séjour à Ouagadougou (février-Juin 1994). Choix de provenances pour des expériences en conteneurs, et de sites pour les mesures de terrain.

Vendredi 18/2 : journée de récupération pour ED (repos forcé à l'hôtel pour raisons médicales) et réunion de bilan avec M. SEDOGO, directeur général du CNRST (HJ). A 17 h, conférence de H. Joly à l'Institut pour le Développement Rural (Université de Ouagadougou) : "Génétique de *F. albida* en Afrique" ..

Samedi 19/2 : Départ pour la plantation de DINDERESSO (à côté de BOBO-DIOULASSO, 330 km à l'Ouest de Ouagadougou). Visite de la plantation, évaluation des provenances intéressantes et de l'étendue des dégâts subis du fait des feux et des prélèvements illégaux. Retour à Paris Charles de Gaulle pour HJ.

Dimanche 20/2 : Mesures d'assimilation nette de CO<sub>2</sub> et de transpiration sur des rejets de 1-2 ans : cinétique diurne, récolte d'échantillons de feuilles.

Lundi 21/2 : retour vers Ouagadougou, arrêt au passage à Dossi pour collecter des échantillons sur 6 arbres dans 3 situations écologiques extrêmes du parc (cuirasse ferrallitique du sud, colline birrémienne de l'ouest, et centre du parc).

Mardi 22/2 : journée à l'IRBET, séchage des échantillons, rédaction. Discussion approfondie avec D.Y. Alexandre sur le développement de recherches écophysiologiques dans le cadre du CNRST et de l'INERA.

Mercredi 23/2 : mesures d'assimilation nette de CO<sub>2</sub> et de transpiration sur des arbres de provenances connues à Gonsé : cinétique diurne, récolte d'échantillons de feuilles, mesures de potentiel hydrique.

Jeudi 24/2 : mesures de potentiel hydrique de base à Gonsé. Préparation des échantillons de feuilles sèches pour le transport.

Vendredi 25/2 : Conférence au CNRST à 10h, sujet : "Outils d'étude de la résistance à la sécheresse des ligneux". Entrevue avec le directeur scientifique du CNRST (M. Sankara). Discussions finales sur le sujet d'O Rounsard.

Samedi 26/2 : départ pour Paris (22h)

Dimanche 27/2 : retour à Nancy.



## L'IRBET

L'Institut de Recherches en Biologie et Ecologie Tropicales est l'un des 5 instituts du CNRST (Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique) qui comprend en outre : l'INERA (Institut National d'Etudes et de Recherches Agronomiques), l'IBE (Energie), l'IRSN (Substances naturelles), l'IRSSH (Sciences sociales et Humaines). Il s'est constitué en 1987 et comporte plusieurs départements de recherches : Botanique et Floristique, Ecologie et Environnement, Zoologie et Recherches Forestières (ce dernier s'étant constitué autour de l'ancienne station CTFT du Burkina Faso). Nous avons rencontré son directeur, M. Ouadba, de nombreux chercheurs du département forêts : B. Diallo (programme amélioration), B. Bastide (ATD Coopération, programme amélioration), A. Bâ (programme Biotechnologie forestière et Symbioses racinaires), D. Depommier (CIRAD-IRBET, programme Agroforesterie), Y. Nouvellet (Gestion des Formations Naturelles) et du département Ecologie et Environnement : Sibiri Ouédraogo, D.Y. Alexandre (ORSTOM, conseiller scientifique de l'IRBET). Pendant ses séjours au Burkina, O. Rounsard sera intégré au programme "Amélioration".

### Objectifs principaux du travail de thèse de O. Rounsard

#### et des recherches complémentaires sur *F. albida*.

La mission était centrée sur le démarrage de recherches en écophysiologie, complémentaires au programme d'amélioration génétique de *F. albida*. Ce programme entamé dès 1985 comporte en particulier des essais de comparaisons de provenance situés dans trois stations expérimentales représentant un gradient de pluviométrie : Dindéresso (près de Bobo Dioulasso, env. 1000 mm), Gonsé (près de Ouagadougou, env 700 mm) et Djibo (près de Dori, env 500 mm). Il y a eu de très faibles survies à Djibo.

L'objectif général des recherches en cours de démarrage est d'apporter un certain nombre d'éléments de comparaison des potentialités écophysiologiques des différentes provenances et descendances testées. Ces éléments sont liés d'une part au fonctionnement hydrique de cette essence, et d'autre part à l'efficacité d'utilisation de l'eau. Ce travail sera initié par une thèse réalisées par O. Rounsard et codirigée par H. Joly et E. Dreyer, et qui comportera deux volets.

Dans le cadre du premier volet, les recherches se concentreront sur une estimation des besoins en eau et de leur évolution saisonnière. Des mesures de flux de sève brute dans les troncs, de potentiel hydrique foliaire seront particulièrement utiles pour évaluer le degré de contrainte hydrique subi par ces arbres à feuillaison de contre-saison (coll. A. Granier, INRA Nancy). Ces études seront en grande partie menées en parcs ; celui de Dossi, suivi en détails par D. Depommier (IRBET-CIRAD) serait adapté. L'appui de D. Depommier sera particulièrement utile.

Les recherches prévues dans le deuxième volet devront permettre d'établir la fiabilité des comparaisons interindividuelles et interprovenances de composition isotopique du carbone fixé ( $\delta^{13}\text{C}$ ) pour évaluer l'efficacité d'utilisation de l'eau des différents géotypes des programmes d'amélioration (coll. J. M. Guehl, INRA Nancy, et A. Fehri, Université de Paris 6- Thonon les Bains).

Des recherches complémentaires pourront être entreprises en collaboration avec des équipes françaises et burkinabées. (1) L'utilisation de la composition de la sève brute en  $^{18}\text{O}_2$  pourrait être envisagée pour l'analyse des profondeurs de prélèvement d'eau (ave E. Dambrine, INRA Nancy, cf pré-projet joint). (2) La vulnérabilité de jeunes semis à la cavitation pourrait être déterminée à Nancy (A. Granier, et H. Cochard). (3) Les jeunes plants cultivés en pots pourront aussi servir de base à une étude de fixation de l'azote atmosphérique en utilisant la discrimination naturelle de  $^{15}\text{N}$  (A. Bâ, IRBET Ouagadougou, et coll. à rechercher avec A.M.



Domenach, CNRS Lyon). Enfin, (4) le rôle des endomycorhizes dans la résistance à la sécheresse pourra être analysé (A. Bâ, IRBET, avec l'appui de F. Lapeyrie, INRA Nancy). Ce programme complémentaire devrait être mis en place pour répondre à des appels d'offres de la CEE (programme STD nouvelle version).

### Synthèse des caractéristiques écologiques et physiologiques de *F. albida*.

*F. albida* (légumineuse, Mimosoideae, seule espèce dans son genre) est une espèce particulière à plusieurs égards. D'une part, elle est fortement anthropisée, et se rencontre essentiellement dans des parcs associés aux cultures, surtout en Afrique de l'Ouest. D'autre part, elle présente un rythme de feuillaison inverse de la plupart des autres espèces, perdant ses feuilles en début de saison des pluies, et débourrant à nouveau en début de saison sèche. La plupart des autres espèces soudano-sahéliennes débourrent en début de saison des pluies, et conservent leur feuillage plus ou moins longtemps en saison sèche (certaines peuvent rester feuillées très tard pour peu qu'il y ait des réserves hydriques disponibles). C'est sans doute cette caractéristique, associée à une production de gousses et de feuilles très appréciées par le bétail, qui explique sa présence en parcs. Les mécanismes physiologiques expliquant cette inversion sont encore inconnus ; plusieurs hypothèses formulées dans le passé n'ont jamais été vérifiées (remontée de nappe et sensibilité à l'hypoxie racinaire?). Enfin, les semis présentent une phénologie normale pendant les premières années suivant leur installation, l'inversion ne se produit vraisemblablement qu'après l'installation d'un système racinaire profond.

La distribution géographique de cette espèce est vaste, depuis le Sénégal jusqu'au Burundi, avec des stations reliques dans le Sinaï.

En tant que légumineuse, elle porte des symbioses avec *Bradyrhizobium* (nodules) et a un fort potentiel de fixation d'azote atmosphérique au stade jeune plant. Par contre, l'importance de cette fixation en situation naturelle sur des arbres de parcs est mal connue, bien que l'on ait pu retrouver des nodules vivants sur des racines à grande profondeur. Elle est aussi en symbiose avec des endomycorhizes (des genres *Glomus* ou *Gigaspora* généralement) qui améliorent la nutrition phosphatée des semis.

Le fonctionnement hydrique de cette espèce est très peu connu. Une très grande profondeur d'enracinement a été fréquemment décrite (10 m et plus suivant les sols) ; des suivis de croissance ont montré que les jeunes semis en pleine terre investissent essentiellement dans une croissance racinaire rapide, souvent aux dépens de la croissance aérienne très lente en comparaison de celle des acacias à phénologie normale. Cette grande profondeur d'enracinement fait soupçonner des capacités de prélèvement d'eau à grande profondeur dans les nappes. Ce point a des conséquences importantes: considérée souvent comme une phréatophyte, *F. albida* n'est vraisemblablement pas une espèce très résistante à la sécheresse. Cet aspect mérite une analyse approfondie. Quelques observations préliminaires laissent supposer un rôle important des ablations spontanées de feuilles dès les premiers signes de contrainte hydrique. Ce caractère pourrait être lié à une grande sensibilité de ces arbres à la cavitation induite par la sécheresse.

D'une façon générale, les connaissances de base sur le fonctionnement hydrique de *F. albida* (importance de l'aubier conducteur dans le tronc, anatomie des vaisseaux, valeurs de potentiel hydrique atteintes en cours de saison sèche, distribution et densité des stomates....) manquent totalement, comme d'ailleurs pour de nombreuses autres espèces soudano-sahéliennes. Une lacune de taille concerne la détermination des cernes annuels de croissance. Peu de travaux existent sur le sujet. La croissance cambiale semble être strictement parallèle à la feuillaison et s'arrêter en saison des pluies. Cependant, cette forte alternance ne se traduit pas par des discontinuités nettes dans le bois. Des bandes sombres correspondent à des agglomérats de cellules parenchymateuses, et rendent la lecture délicate. D. Depommier et M. Détienne (CIRAD-Forêt France) ont réussi une datation approximative d'arbres adultes en parcs. L'âge obtenu était beaucoup plus faible que celui estimé par simple examen de la forme générale des couronnes, et partant, la croissance radiale annuelle très élevée (0,5 à 2cm !!!). Ce problème épineux rendu plus complexe encore par la pratique fréquente d'écorçages et d'émondages devra être résolu, si une analyse combinée dendrochronologie/<sup>13</sup>C doit être réalisée.



En ce qui concerne la photosynthèse, aucune étude de terrain n'a permis pour l'instant de préciser ni son intensité, ni sa sensibilité aux variations de paramètres de l'environnement. Une des difficultés posée par son étude réside dans la structure des feuilles, qui portent de multiples folioles de faible taille, par la présence de stipules épineux de taille respectable, et par les mouvements épinaustiques de ces folioles en cours de journée.

La faiblesse de la croissance aérienne des semis au cours des premières années est un fait général rencontré dans tous les essais et plantations comparatives. Cette faible croissance a pour conséquence de soumettre les semis pendant de nombreuses années à une forte concurrence herbacée. De plus, leur faible hauteur initiale rend ces plants particulièrement sensibles aux feux. Ce n'est qu'après plusieurs années de soins intensifs (entre 6 et 10!!) que *F. albida* acquiert une hauteur suffisante (4-5m) et que sa croissance s'accélère. Ces renseignements sont relativement récents puisque la plupart des essais systématiques n'ont été mis en place qu'aux alentours de 1985 au Sénégal, au Burkina Faso, au Cameroun, au Niger..., et qu'aucun essai plus ancien n'est connu. Les résultats de ces essais en milieu forestier sont assez décevants dans l'ensemble (cf plus loin). Seuls des essais avec cultures associées, entretien du sol et soins intensifs ont permis d'aboutir à des croissances et des survies non négligeables.

Une autre particularité de cette espèce mérite d'être soulignée : c'est l'extrême hétérogénéité spatiale de sa croissance sur les placettes expérimentales. Cette hétérogénéité a été constatée dans pratiquement tous les essais décrits. Son origine est encore fortement débattue; elle pourrait ne pas être de nature génétique, mais liée à des microvariations de structure et de fertilité des sols. *F. albida* présente une sensibilité extrême aux variations de caractéristiques édaphiques : aucune autre des espèces cultivées dans des placettes voisines ne présente une telle hétérogénéité. La nature exacte des caractéristiques édaphiques limitant la croissance des jeunes plants n'est pas comprise.

Les plantations et les régénérations par semis directs affrontent donc des obstacles nombreux, alors que dans les parcs installés, des zones de régénérations intenses (jachères mises à l'abri du bétail) existent. L'hypothèse que ces régénérations sont dues en fait à un intense drageonnement à partir des individus âgés ou des souches présentes est en cours de test (analyse de l'homogénéité génétique des drageons supposés et des adultes. Du fait de l'étendue du système racinaire, ces drageons pourraient apparaître à des distances respectables des pieds mères. Les drageons présentent une croissance aérienne "explosive", de plusieurs mètres par an, avec des accroissements radiaux supérieurs à 1-2 cm par an. Cette observation, si elle se confirme, a des conséquences importantes tant pour la conception des méthodes de régénération de peuplements de *F. albida*, que pour la structure génétique de ces parcs.

Il semble enfin que la survie de *F. albida* soit très fortement liée à la culture des champs qu'il occupe. Le retour à la jachère lui est souvent fatal : disparition des semis du fait de l'intense compétition herbacée, et même parfois dépérissement des arbres adultes.

La structure génétique de *F. albida* dans son aire d'ensemble est mal connue mais fait l'objet de travaux intensifs (H. Joly). De nombreux essais de provenances et de descendances ont été installés dans plusieurs pays, avec des résultats plus ou moins utilisables. L'utilisation de marqueurs enzymatiques a permis de confirmer la grande différence entre populations d'Afrique de l'Est et de l'Ouest. L'hétérozygotie a été mesurée pour plusieurs populations ainsi que le taux d'allogaméiose, qui est assez variable d'une population à l'autre, et d'une récolte à l'autre dans la même population (Joly *et al*, 1992).

#### Etat général des placettes de comparaison de provenances et de descendances de *F. albida* à Gonsé et à Dinderesso.

Ces placettes ont été installées par le CTFT (H. De Framond et B. Diallo) à partir de 1985 et suivies ensuite par A. Billand (coopération française, IRBET) et B. Diallo (IRBET) à partir de 1988. Elles étaient destinées à permettre la comparaison de la croissance des collections de provenances collectées à travers l'Afrique, avec en particulier des provenances d'Afrique Orientale (Burundi, Zimbabwe, Kenya) qui ont présenté de fortes mortalités après une période de croissance initiale comparable aux autres, des provenances de zones plutôt humides



(Casamance, Sud du Burkina) et de zones relativement plus sèches. Les résultats initiaux de ces essais ont été décrits (Billand et De Framond, 1991).

L'état général de ces placettes ne permet pas l'utilisation des arbres pour des études écophysiologiques fines. En plus des problèmes d'installation spécifiques à *F. albida* déjà cités, se sont posés des problèmes d'entretien, de prélèvements illégaux (à Gonsé surtout, beaucoup moins à Dinderesso) et surtout d'incendie. De ce point de vue, le début de la saison sèche 93-94 a été particulièrement néfaste. Les placettes de Dinderesso et de Gonsé ont pratiquement toutes été parcourues par le feu en Décembre 93. Elles avaient été désherbées, mais les graminées séchées et entassées en andains ont fourni un combustible idéal... La survie des arbres ne sera pas partout irrémédiablement remise en cause, mais la destruction de 75% du feuillage de l'année, les reprises de végétation hétérogènes qui en résultent rendent illusoire toute comparaison des provenances, pour l'efficacité de l'eau par discrimination de  $^{13}\text{C}$ . Seules quelques placettes ont échappé au feu (essais 85 à Gonsé, rejets d'une placette coupée à Dinderesso, essais 92 à Dinderesso, lesquels n'avaient pas été désherbés...). Ces essais permettront éventuellement un travail d'analyse de fonctionnement hydrique individuel, un travail de détermination de la variabilité intra-arbres de  $\delta^{13}\text{C}$ , mais pas la comparaison généralisée des provenances et des descendances prévue initialement. La reprise de croissance par certains des arbres de ces essais ne modifiera pas cet état de fait : l'efficacité de l'eau et la composition isotopique du carbone sont très sensibles aux rythmes phénologiques et aux accidents de croissance. Une comparaison de provenances dans ces conditions est illusoire en ce qui concerne les caractères qui nous intéressent ici.

Ce constat amène à deux observations :

(1) les essais installés en milieu forestier posent des problèmes aigus de surveillance. Ces forêts théoriquement classées sont parcourues par les troupeaux, les ramasseurs de bois, et sont, de plus, loin des villages. Des essais de provenances de *F. albida* seraient peut être plus à leur place en milieu villageois. M. Sédogo a indiqué, lors de la discussion finale avec HJ, que l'utilisation par les chercheurs de l'IRBET de terrains pour leurs essais dans les parcelles de l'INERA ne devrait pas poser de problème;

(2) des désherbages plus précoces avant que les graminées n'aient séché sur pied permettraient sans doute de réduire les risques d'incendie.

Les conséquences de cet état de fait pour le travail de thèse d'O. Rounsard sont importantes. D'une part, il lui faudra se concentrer dans un premier temps sur des expérimentations avec des semis en pots pour l'analyse de l'efficacité de l'eau. D'autre part, il serait intéressant d'envisager dès à présent l'installation de nouveaux essais de descendance dans des conditions de surveillance plus adéquates, pour permettre l'obtention d'un matériel végétal utilisable d'ici deux à trois ans. Se pose évidemment à ce niveau le délicat problème du financement de telles plantations (qui pourraient être de dimensions réduites...).

Un autre essai de descendance installé par D. Depommier à Gonsé à partir de pieds mères identifiés à Dossi a échappé aux flammes, un travail d'évaluation de l'hérédité de l'efficacité de l'eau y est envisageable.

**Parc à *Faidherbia albida* de Dossi près de Houndé (pays Bwa ou Bobo Oulé) à 230 km à l'est de Ouagadougou.**

Ce parc, que D. Depommier nous a fait visiter, est typique de l'utilisation qui peut être faite de *F. albida* dans les terroirs villageois. Un autre exemple de parc étudié intensivement existe à 100 km au nord de Ouagadougou, à Watinoma (près de Kongoussi). Il est de dimensions légèrement plus réduites, et plus difficile d'accès (piste, alors que Dossi est à 4 km de la route Ouaga-Bobo).

Le parc de Dossi est assez étendu, et centré sur ce village de 3500 habitants (cf plan joint). Il couvre environ 350 à 400 ha. Au delà de ce parc se trouvent des zones tampons portant de nombreux Karités (*Butyrospermum parkii*) et Nérés (*Parkia biglobosa*). Plus en périphérie enfin se trouve la zone de paturage extensif et la "brousse" qui limite le terroir villageois. La



situation de ce terroir est très particulière, enserrée entre à l'ouest la longue ligne des collines birrimiennes ayant tout au plus une centaine de mètres d'altitude (Roches métamorphiques basiques à pendage quasi-vertical donnant naissance à des sols particulièrement fertiles et profonds), et à l'est un rebord de cuirasse ferrallitique d'une hauteur d'une dizaine de mètres. Le centre est occupé par une dépression sensiblement orientée nord-est/sud-ouest dans la quelle se trouve le village et où sont localisés les puits. La nappe se trouve à une dizaine de mètres de profondeur, comme nous avons pu le constater dans les puits ouverts. Les sols y sont réputés pour leur fertilité, et une culture intensive sans jachère y est pratiquée. Les principales productions dans le parc sont des céréales (maïs et sorgho); le coton (on se situe en plein "cotton belt" burkinabé) est présent en périphérie et dans les zones tampons. Un élevage d'appoint est pratiqué, avec une vaine pâture en saison sèche, et un complément alimentaire fourni justement par les branches de *F. albida*. La culture attelée y est pratiquée à grande échelle, alors que les anciennes terrasses situées dans les collines ne sont plus cultivées que par les agriculteurs les plus vieux en technique traditionnelle.

Le parc lui même est situé essentiellement dans la dépression. Cependant, quelques individus subsistent dans les collines sur les terrasses, et quelques autres se trouvent en bordure de la cuirasse. Ce parc est étudié intensivement depuis environ deux ans par D. Depommier et son équipe. Chaque arbre est identifié individuellement, des carottes ont été prélevées pour une détermination de l'âge des individus. L'histoire de ce parc n'est pas encore parfaitement établie, les récits des anciens manquant de précision. Les évaluations d'âge réalisées révèlent que la plupart des arbres ont entre 20 et 40 ans, et qu'ils ont présenté des croissances radiales très fortes. Il faut cependant signaler la vigueur de la plupart des arbres, malgré les élagages fréquents pratiqués à l'aide de crochets (branches cassées et non coupées; la fragilité de ces branches est étonnante). De plus, les différentes classes d'âge sont bien représentées. De nombreux individus jeunes, à couronne tronconique renversée sont présents. Enfin, des zones de jachères temporaires sont couvertes de jeunes plants de grande vigueur et présentant une croissance étonnante.

Ce parc pourra servir de cadre à des mesures de fonctionnement hydrique sur adultes réalisées par O. Rouspard. Il a été convenu avec D. Depommier que ces études débuteraient en fin de saison sèche cette année (mars ou avril 1994) afin de tester les méthodologies et de rassembler de premières informations sur les flux de sèves et les potentiels hydriques.

Une étude plus intensive est envisagée pour l'année suivante, en accord avec D. Depommier. Enfin, des expérimentations complémentaires sur les profondeurs de prélèvements peuvent être réalisées dans ce parc (facilité d'accès, possibilité d'hébergement de fortune,...). L'intensité des mesures effectuées par l'équipe de D. Depommier et B. Diallo (suivi phénologique, croissance, estimation de surface foliaire par élagage total sur quelques individus, etc.) fournira d'utiles données de base. L'installation temporaire d'un poste météo est envisageable. Des mesures d'humidimétrie neutronique pourraient être réalisées (contacts à prendre avec l'INERA par l'intermédiaire de D. Alexandre).

#### Mesures, et collectes d'échantillons réalisées sur place.

Une journée de mesure d'assimilation nette de  $\text{CO}_2$  et de transpiration a été réalisée avec la chambre de photosynthèse LiCor 6200 (apportée par ED de Nancy, mais remportée à la fin du séjour) à Dinderesso, et une autre à Gonsé. Les rameaux ont été sélectionnés sur des drageons (Dinderesso) ou de jeunes arbres de la parcelle 85 (Gonsé).

A Dinderesso (20/2), une photosynthèse et une transpiration intenses ont été constatées, avec une diminution importante en milieu de journée, accompagnée par une fermeture progressive des folioles. L'ensemble des arbres des essais voisins étaient feuillés. Nous n'avons pas pu mesurer de potentiel hydrique (pas d'air comprimé disponible).

Les arbres utilisés à Gonsé, malgré leur apparence chétive et, les nombreux signes de dépérissement (faible feuillaison, nombreuses branches mortes) présentaient des niveaux d'assimilation nette significatifs, alors que les conditions microclimatiques étaient plutôt drastiques (température de 38-39°C, humidité relative de 10% et moins, fort Harmattan). Les



potentiels hydriques étaient voisins de -2,5 MPa, contre -3,9 pour des brins d'*A. holosericea* voisins qui présentaient d'ailleurs aussi une photosynthèse insignifiante. L'ensemble des arbres des placettes expérimentales voisines, et les arbres de la forêt naturelle étaient d'ailleurs quasi totalement défeuillés, signe d'une importante contrainte hydrique locale (défeuillaison beaucoup moins marquée dans les parcs à Nérés et Karités des villages voisins). Le lendemain matin, les mesures de potentiel hydrique au lever du soleil indiquaient -0,9 à - 1,3 MPa sur les 3 arbres étudiés, contre -3,9 sur *A. holosericea*. Un phénomène étonnant a été constaté : les teneurs matinales en CO<sub>2</sub> à 1 m du sol avoisinaient les 520 vpm, et décroissaient ensuite rapidement pour revenir à 370 lors du lever du vent (vers 9h).

Malgré les conditions climatiques assez difficiles, des mesures d'échanges gazeux avec la chambre portable sont possibles et peuvent donner de bons résultats. De même les mesures de potentiel hydrique sont réalisables, moyennant une bonne dose de patience, et de pansements pour les doigts... Une comparaison plus systématique des provenances n'a pas été entreprise à cause de l'état général de cet essai.

Des collectes de feuilles, de branches et de bois ont été réalisées à Gonsé, Dindéresso et Dossi, sur drageons, jeunes arbres et adultes. L'objectif est d'établir un premier criblage des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  et plus particulièrement de caractériser la variabilité dans les arbres. En effet, les feuilles les plus anciennes, et le bois initial sont constitués à partir des réserves carbonées de l'arbre, et leur composition isotopique est le reflet de celle des années précédentes. De ce point de vue, *F. albida* est un matériel difficile, ne présentant pas de phénologie simple, mais une croissance assez cahotique pouvant se produire par vagues successives. Des rameaux en croissance (blancs-tomenteux) coexistent avec des rameaux plus anciens (noirs). Peu de données sont disponibles pour la description de ces rythmes de croissance. Des études phénologiques ont été menées ces dernières années à Gonsé (B. Diallo) et à Dossi (D. Depommier) mais elles sont en cours d'analyse. Il faut enfin signaler une grande variabilité du caractère épineux : les arbres du parc de Dossi sont souvent inermes, alors que ceux des essais de Dindéresso et de Gonsé portent des épines redoutables.

#### Projet de travail de thèse de O. Roupsard : situation après les visites de terrain et les premiers essais de mesures écophysiologiques.

Les visites de terrain, l'analyse des conditions matérielles de travail nous ont conduits à préciser l'orientation de ce travail et à modifier les priorités initialement définie.

**1. Une comparaison de l'efficience de l'eau des provenances et des descendances actuellement en place dans les différents essais n'est pas envisageable dans un avenir proche.** Les essais les plus intéressants ont souffert du feu, d'autres présentent de telles hétérogénéités de croissance dues à des conditions microstationnelles, à la concurrence herbacée et à de nombreux autres facteurs, que des criblages de  $\delta^{13}\text{C}$  risqueraient fort d'être totalement ininterprétables. L'analyse des données de croissance des différentes provenances en cours actuellement (B. Diallo et B. Bastide) permettra de faire le point, et d'infléchir éventuellement cette impression. Par ailleurs, l'étude du fonctionnement hydrique dans ces placettes forestières (flux de sèves, potentiels hydriques...) est peu attirante : il n'y a pas d'infrastructure sur place, pas même un abri de fortune ou un ombrage, les arbres sont de petite taille et très hétérogènes, et enfin l'essai le plus proche n'en est pas moins à 20 km de Ouaga. Il est donc suggéré de ne pas entamer dans l'immédiat de programme de travail systématique sur ces essais.

**2. Le parc de Dossi semble plus intéressant pour une analyse de fonctionnement hydrique** (transfert d'eau, potentiels hydriques, mesures de flux de sève), et ce pour plusieurs raisons complémentaires : c'est un parc représentatif dans le quel les individus de *F. albida* semblent à leur optimum ; c'est un parc décrit en détails, avec identification individuelle des arbres, analyse des sols, suivi de phénologie, évaluation de croissance, de biomasse foliaire, de productivité des cultures ; le village de Dossi peut permettre un hébergement de fortune mais suffisant ; les villageois connaissent les chercheurs et les contacts sont bons ; et enfin, D. Depommier est ouvert à toute collaboration permettant d'approfondir la compréhension du fonctionnement de ce parc. Toutes ces raisons nous



poussent à recommander qu'O. Roupsard fasse dans les mois qui suivent 1 ou 2 campagnes de mesure sur chaque fois 2 à 3 arbres. Des études complémentaires seraient parfaitement envisageables (profondeur de prélèvement de l'eau par analyse de la composition de la sève en  $^{18}O$ ...) dans un délai d'un à deux ans. Par ailleurs, les collectes de graines déjà effectuées permettent de dégager une provenance "Dossi" utilisable dans des expérimentations en pots.

**3. Les mises au point méthodologiques** (test du système de mesure des flux de sève) **devront être faites à proximité immédiate de l'IRBET pour limiter les problèmes de déplacements.** Quelques individus de *F. albida* (en piteux état...), ou même des individus d'autres espèces (*Azadirachta indica*) présents dans le parc de l'IRBET feront l'affaire.

**4. L'effort initial devra surtout porter sur la préparation de l'expérimentation de comparaison de méthodes de détermination de l'efficience de l'eau sur des semis de différentes provenances de *F. albida*.** Cette expérience sera installée en pots à côté du bâtiment de l'IRBET. Les mêmes provenances seront testées en parallèle à Nancy.

### Protocoles expérimentaux.

#### **1. Expérimentation en pots à l'IRBET et à l'INRA-Nancy.**

Provenances retenues (après discussion avec B. Diallo) :

1) Kongoussi (Burkina Faso, 100 km au nord de Ouagadougou, 650 mm pluies annuelles);

2) Dossi (Burkina Faso, 230 km au sud ouest de Ouagadougou, 900 mm) ; cette provenance sera constituée à partir des lots de graines ramassées par D. Depommier (semaine du 28/2);

3) Matameve (près de Zinder, au Niger, 560 mm, mais provenance de bas fond)

4) Gihanga (Burundi, 650 mm sur deux périodes humides) : cette provenance de l'est africain a une bonne croissance initiale mais une très faible survie après deux ans ;

5) Mana Pools (Zimbabwe, 730 mm), qui présente pratiquement les mêmes caractéristiques que la précédente

6) Kagnobon (Casamance, Sénégal, 1200 mm), provenance extrême du point de vue pluviométrie;

7) Mora (Nord Cameroun, 800 mm environ).

Les semences sont fournies par le CIRAD Forêt (HJ) sauf les deux premières provenant respectivement du CNSF et de l'IRBET.

Conditions de culture : pots de 10 l avec un substrat reconstitué, suffisamment riche en argile et limons pour permettre une bonne réserve hydrique, mais non battant. Les plantules seront inoculées par *Bradyrhizobium* (souche fournie par A. Bâ) et *Glomus mossae* (spores fournies par A. Bâ). La même souche de *Bradyrhizobium* sera utilisée à Nancy, avec un *Glomus* local. Du fait des délais de production des spores, deux séries de mises en place seront faites, l'une fin mars (15 pots par provenance) pouvant permettre une récolte fin juin, la seconde (environ 30 pots par provenance) courant mai.

Préparation du substrat : stérilisation à l'autoclave, puis homogénéisation. Remplissage uniforme des pots avec la même quantité de sol. Pesée des pots vides. Détermination de l'humidité pondérale au remplissage pour évaluer la masse sèche de sol. Détermination de la capacité au champ avant plantation en sursaturant d'eau quelques pots, et en les laissant drainer à l'obscurité pendant 24 à 48 h.

Fertilisation : limitée en N et P pour favoriser l'installation des symbioses mais plus forte en oligo éléments pour éliminer tout risque de carence.

Semis : in situ en poquets de 3 avec démarrage précoce.



Evaluation de l'ETR : par pesées hebdomadaires ou bihebdomadaires. L'irrigation compensera exactement les pertes par ETR. Les cumuls d'ETR hebdomadaires permettront l'estimation de la consommation d'eau sur l'ensemble du cycle de végétation.

Pour éliminer ou au moins fortement réduire les problèmes d'évaporation directe par le sol, des couvercles en "cartons à lait" seront préparés et envoyés depuis Nancy par ED. Les pertes par drainage seront évitées en ajustant la fréquence des irrigations. La première série de plants sera soumise à une alimentation optimale, la seconde sera différenciée en un traitement irrigué et en un traitement soumis à une sécheresse modérée mais de longue durée. Pendant la saison des pluies, un toit amovible servira à couvrir ensemble des plants pour les mettre à l'abri des entrées incontrôlées d'eau dans les pots. Un abri est disponible à la pépinière et pourra être transporté.

Evaluation de la croissance : la hauteur des plants sera mesurée hebdomadairement.

Evaluation de l'efficacité de l'eau : En fin d'expérience (après 3 mois pour la première série, après environ 8-10 mos pour la seconde, et après une durée plus longue pour la troisième éventuellement), les plants seront récoltés. On évaluera : la surface foliaire totale (soit avec un planimètre à l'INERA soit par photocopies analysées à Nancy), la masse sèche de feuilles, de tiges, de racines. Le degré de nodulation et d'infection endomycorrhizienne sera évalué par A. Bâ.

L'efficacité de l'eau sera calculée comme le rapport biomasse produite/eau consommée. On déterminera aussi une efficacité de croissance par le rapport surface foliaire/biomasse totale. Les divers compartiments seront analysés pour leur teneur en C et en N, pour leur composition isotopique en  $^{13}\text{C}$  et  $^{15}\text{N}$ , au laboratoire central d'analyses du CNRS à Lyon (H. Casabianca).

Plants annexes. Pour évaluer la composition isotopique moyenne de l'air, quelques plants de maïs seront installés dans des pots identiques (le maïs ne discrimine pratiquement pas entre  $^{13}\text{C}$  et  $^{12}\text{C}$ ). De même, il sera intéressant d'utiliser des plants d'*Eucalyptus camaldulensis* comme témoin non fixateur pour la composition isotopique  $^{15}\text{N}$  du sol.

Un appui sera apporté par un stagiaire de l'Université de Ouagadougou cet été (sujet proposé par ED, encadrement assuré par B. Bastide et B. Diallo en l'absence d'O. Rouspard).

Une expérience parallèle, avec les mêmes provenances, sera menée en serre à Nancy (ED avec la collaboration technique de JM Desjeunes, et l'appui de F. Lapeyrie pour les symbiotes racinaires). Lors de son séjour en France, O. Rouspard travaillera sur cet essai avec J.M. Desjeunes.

## **2. Analyse du fonctionnement hydrique d'arbres en parc à Dossi.**

Au cours de ce premier séjour, l'accent sera mis sur la mise au point des méthodes et de leur application aux conditions climatiques locales (en particulier pour les estimations de flux de sève). Elles seront faites à Dossi (suivi de flux de sève sur un arbre pendant une dizaine de jours, évaluation de potentiel hydrique de base et de milieu de journée, estimation de surface d'aubier).

Cette phase initiale comportera un étalonnage des sondes : vérification de l'absence de gradients de température dans les troncs et des gradients liés à des flux nocturnes nuls. Les forts déficits de saturation nocturnes nous font craindre des transpirations non nulles en cours de nuit, et des problèmes d'étalonnage pourront en résulter.

Par la suite, un groupe d'environ 5 individus sera repéré à Dossi, dans le bas du parc, et un autre dans le haut. Un suivi de flux de sève sur une dizaine de jour sera réalisé sur le premier groupe, et si la disponibilité en temps le permet, un second sera réalisé sur le deuxième groupe. Une détermination approximative de la section d'aubier sera faite visuellement sur des carottes fraîches extraites de ces arbres. Le placement des électrodes à des profondeurs croissantes dans le tronc permettra d'avoir une première idée des gradients radiaux de densité de flux chez *F. albida*, et du nombre de cerneaux participant au transfert de la sève brute. Quelques colorations directes à la safranine sur des branches coupées permettront de déterminer les vitesses de migration à différentes profondeurs (coupes séquentielles et détermination des zones colorées). Des cinétiques diurnes de potentiel hydrique seront établies. Les paramètres microclimatiques



nécessaires à l'estimation de l'ETP locale seront mesurés sur place (vitesse du vent, température, hygrométrie, rayonnement global). Une centrale de mesure CR10 Campbell servira à l'acquisition des données.

Les mêmes arbres seront suivis de manière plus régulière au cours de la saison sèche 94/95. 3 à 4 campagnes réparties tout au long de la saison sèche seront prévues, si possible en associant aux mesures précitées des évaluations d'humidité du sol par humidimétrie neutronique. Le matériel et les compétences nécessaires pour mener à bien de telles études existent à l'INERA, et une collaboration devra être recherchée.

Les renseignements concernant des paramètres internes du fonctionnement hydrique (surface d'aubier, limites des cernes, structure des vaisseaux...) seront réunis si possible au cours du séjour estival en France, après discussion avec les chercheurs CIRAD-Forêt s'occupant de bois (M. Détienne). Une étude anatomique plus approfondie est à envisager en microscopie électronique (contacts à prendre avec P. Cruiziat, A. Granier.....) ; la collecte de matériel sera effectuée par O. Rouspard (arbres de Gonsé, rondelles prélevées sur la placette 85).

Enfin, quelques renseignements complémentaires sur la phénologie des arbres de Gonsé devront être rassemblés, en plus des observations globales de degré de feuillaison déjà effectuées par D. Depommier. En particulier, les rythmes de croissance de plusieurs rameaux sélectionnés sur des arbres d'âge moyen seront à faire, et à combiner avec des prélèvements destinés à doser la composition isotopique.

### **3. Analyse de la discrimination isotopique de $^{13}\text{C}$ en plantation.**

Une première série d'échantillons destinée à évaluer la variabilité intra-arbre de  $\delta^{13}\text{C}$  a été collectée au cours de la présente mission. Les difficultés sont liées d'une part à la complexité de la ramification et des rythmes de croissance dans ces arbres (très forte variabilité des démarrages de bourgeons, difficultés à reconstituer a posteriori l'histoire de ces rameaux, hétérogénéité inter et intra-individuelle des dates de débourrement). Les échantillons prélevés sur 3 individus à Dinderesso et à Gonsé, et sur 6 à Dossi, permettront de comparer la composition isotopique des feuilles de rameaux en croissance, de rameaux plus anciens, des cernes annuels des branches et du tronc. Les résultats de ces analyses permettront en particulier d'avoir une première idée du degré d'homogénéité de  $\delta^{13}\text{C}$  dans les différents organes installés au cours de l'année.

Les prélèvements prévus initialement sont suspendus aux résultats des analyses de données de croissance et de phénologie foliaires réalisées par B. Bastide et B. Diallo.

### **4. Installation d'une expérimentation de comparaison de descendance.**

Les comparaisons de provenances effectuées en pots à l'IRBET et à Nancy seront utilement complétées par des essais in situ plantés dès cet été en terrain agricole. Des contacts ont été pris pour une éventuelle installation sur les parcelles de l'INERA. De tels essais pourraient être analysés au bout de deux ans par O. Rouspard. De même, un essai de descendance destiné à évaluer l'héritabilité de l'efficacité d'utilisation de l'eau pourrait être installé. H. Joly, B. Diallo et B. Bastide s'occuperont de ce travail. La partie la plus délicate concerne évidemment la recherche des fonds nécessaires.

Il faut rappeler que D. Depommier a installé en 1993 des descendance d'arbres du parc de Dossi à Gonsé. Cet essai a été épargné par le feu, et pourrait le cas échéant aussi être valorisé.

### **5. Programmation du travail futur.**

Le présent séjour de O. Rouspard à l'IRBET se terminera fin juin 1994. Un séjour de 2 mois (plus 1 mois de congés) est prévu en France. La programmation détaillée du travail à effectuer au cours de la saison sèche 94-95 sera discutée à ce moment, au vu des résultats déjà acquis.

## **Conclusion générale.**

### **1. Perspectives de coopération.**



La mise en place progressive de ce programme de recherches ouvre des perspectives de coopération tripartites INRA-CIRAD-CNRST intéressantes, soulignées au cours de la discussion avec le Directeur Scientifique du CNRST (M. Sankara). Un programme de recherches élargi, englobant les aspects complémentaires cités plus haut, serait du plus grand intérêt, et recevrait le soutien de l'IRBET et du CNRST. Nous avons rencontré chez les chercheurs travaillant sur *F. albida* tant dans le programme amélioration que dans les autres, un intérêt certain pour un travail coordonné sur l'écologie et la physiologie de cette espèce. La mise en oeuvre d'un tel programme sera tentée après la phase de démarrage du travail déjà programmé.

## 2. Contexte de réalisation de la thèse.

Le contexte du travail dans le quel se déroulera ce travail de thèse est difficile. L'espèce n'est pas des plus simples à analyser (on aura perçu pourquoi dans la description de son écologie). L'équipement de mesure disponible à l'IRBET est extrêmement limité, et O. Rouspard ne pourra compter que sur des achats faits dans le cadre de son programme, sur des prêts de matériel par l'INRA Nancy, et sur des collaborations avec d'autres laboratoires Burkinabés. Un équipement de laboratoire de base sera progressivement rassemblé sur place (étuve, piluliers pour conditionnement d'échantillons, balance...). A terme, l'acquisition d'un poromètre H<sub>2</sub>O est vivement souhaitable. Enfin, les conditions de travail sur le terrain sont difficiles tant pour le matériel que pour les hommes (poussière, chaleur...). Mais ces difficultés pourront être surmontées. En particulier, l'accueil chaleureux par les chercheurs de l'IRBET, l'intérêt pour ce travail rencontré au cours des discussions laissent augurer très positivement de son évolution. HJ et ED effectueront des séjours réguliers d'appui sur place (au moins une fois par an). Des campagnes de mesures impliquant directement ED (et éventuellement d'autres collègues français) en plus de l'équipe locale, avec du matériel mis à disposition pendant des périodes de 2-3 semaines par l'INRA Nancy, permettront d'élargir les aspects étudiés et de soutenir activement ce programme et cette thèse.

## Références bibliographiques.

Billand A. et De Framond H 1991 Variabilité génétique d'*Acacia albida* (synonyme *Faidherbia albida*) en essais comparatifs de provenances au Burkina Faso. In : Physiologie des Arbres et Arbustes en zones arides et semi arides, Groupe d'Etude de l'Arbre ed., 235-248.

Joly HI, Zeh-Nlo M, Danthu P et Aygalent C 1992. Population Genetics of an African Acacia: *Acacia albida*.



## Annexe 1.

Thèse d'Olivier RoupsardPlanning prévisionnel des étapes du travail d'O. Roupsard et des opérations conjointes:  
(16/11/93, version corrigée le 28/2/94)

(E.D. = Erwin Dreyer, H.J. = Hélène Joly)

Du 15 novembre 1993 au 1er février 1994 :**Préparation :**

- Rédaction d'un article reprenant les résultats du D.E.A., manipulations complémentaires (O.R. et E.D.).
- Préparation technique des mesures de la thèse (O.R. et intervenants) et bibliographie sur les principaux thèmes abordés.
  - flux de sève : formation approfondie sur tous les aspects, y compris acquisition des données. Fabrication de sondes.
  - efficacité d'utilisation de l'eau : formation (méthodes des pesées, des échanges gazeux, corrélation avec le  $\delta^{13}\text{C}$ ).
  - mesure des échanges gazeux à l'aide de la chambre portable Li-Cor (matériel INRA)
- Acquisition, contrôle, et expédition du matériel CIRAD nécessaire à la première mission (chambre à pression, azote, capteurs de flux de sève, centrale d'acquisition Campbell, tarières, balance). Acheminement du  $\text{CO}_2$  à teneur contrôlée sur place (O.R. et H.J.).
- Préparation d'un projet de financement :
  - STD3 (H.J.) ou autre (E.D.)
  - budget complémentaire dans le cadre des opérations nouvelles (H.J.)

Du 1 février 94 au 10 février 94:

- Départ pour l'IRBET (OR)
- Discussions détaillées avec les collègues Burkina Bé.

Du 10 février 94 au 25 février 94Mission H. Joly et E. Dreyer au Burkina Faso. Objectifs :

- Recherche de provenances de *F. albida* différant par leur efficacité instantanée d'utilisation de l'eau. Identification des provenances propices à un test comparatif de descendance et d'hérédité. Faisabilité du suivi des variations interannuelles du  $\delta^{13}\text{C}$  dans les cernes.
- Choix des provenances pour les semis et les boutures de *Faidherbia albida* au Burkina faso (pour mesure de l'efficacité d'utilisation de l'eau, hérédité) (O.R., H.J. et E.D.)
- Repérage des essais et des parcs (en complément de la mission précédente d'H. Joly, octobre 93) pour les évaluations d'efficacité de l'eau et les mesures de fonctionnement hydrique et de profondeur de prélèvement;
- Essais de mesures en conditions naturelles
  - Assimilation nette de  $\text{CO}_2$  : avec Li-Cor et conductance stomatique : avec Li-Cor 6200 (matériel INRA)
  - Potentiel hydrique de base et potentiel hydrique minimum : chambre à pression (matériel CIRAD)
  - Prélèvement d'échantillons (carottes, feuilles) pour les premières mesures de  $\delta^{13}\text{C}$ .



Du 25 février 94 au 1er juin 94 (séjour au Burkina Faso)

Objectif 1 : mesure de l'efficience d'utilisation de l'eau sur descendances (semis) et boutures de *F. albida*, en conditions d'alimentation hydrique optimale.

Objectif 2 : test de la fiabilité de la mesure de flux de sève sur arbres en parc ou plus.

- Mise en place à l'IRBET d'un dispositif expérimental de semis et de boutures en pot, avec des provenances de *Faidherbia albida*. Efficience d'utilisation de l'eau : par pesées et mesure des apports d'eau : avec balance (matériel CIRAD). Récolte d'une première série de plants; préparation d'un deuxième lot. Mesures des biomasses, préparation des échantillons pour évaluation de  $\delta^{13}C$ .
- Expédition à Nancy de graines des mêmes provenances pour semis. Expédition à Nogent/Seine d'échantillons pour étude génétique (électrophorèses, estimation du nombre d'allo-fécondations, du nombre de pères).
- Mesures de flux de sève et de potentiel hydrique sur des arbres en parc, en conditions environnementales contrastées (bas et haut de parc) : avec centrale Campbell et sondes (matériel CIRAD). Mesures simultanées de croissance radiale.
- Préparatifs pour semis de *Faidherbia albida* à Nancy avec les mêmes provenances qu'à Ouagadougou. Inoculation avec endomycorhize et Bradyrhizobium. Suivi de la consommation en eau (E.D. et J.M.Desjeunes).

Du 1er juin 94 au 1er octobre 94 (Séjour à Nancy) :

- Dépouillement des données récoltées à Ouagadougou sur jeunes plants en pots : recherche de différences significatives dans les efficacités d'utilisation de l'eau des différentes provenances.
- Poursuite de l'expérimentation menée sur jeunes plants en pots à Nancy par J.M. Desjeunes : évaluation d'efficience instantanée de l'eau par échanges gazeux, récolte, estimation de biomasse et analyse de  $\delta^{13}C$ .
- Mesures des limitations de la photosynthèse et de la conductance mésophyllienne au  $CO_2$  ( $g_m$ ) sur espèces à phyllodes (*Acacia mangium* et *Acacia holosericea*) et sur *Azadirachta indica*. Evolution au cours d'une sécheresse. Si techniquement possible, étude similaire sur *Faidherbia albida*.
- Présentation d'une communication au congrès "Chênes" à Nancy (fin août 1994).
- Initiation aux techniques génétiques au CIRAD Forêt.
- Dans le même temps, suivi de la consommation d'eau par les semis de la seconde série de plants à Ouagadougou (intervention de B. Bastide et d'un stagiaire burkinabé).

Du 1 octobre 94 au 1er mai 95

- Suivi des mesures d'efficience d'utilisation de l'eau sur les semis et les boutures. Récolte des feuilles de la première année et expédition pour mesure de  $\delta^{13}C$
- Suivi des potentiels hydriques, flux de sève, (et éventuellement conductance stomatique, efficience instantanée d'utilisation de l'eau, indices foliaires) sur des arbres de parc à Dossi et sur des arbres dans les plantations comparatives, au cours d'une saison de végétation (*Faidherbia albida*), ou en fin de saison de végétation (*Acacia nilotica*).
- Collecte et expédition d'échantillons de bois et de feuilles pour mesures de  $\delta^{13}C$ .

Du 1er mai 95 à octobre 95 (Séjour à Nancy)

- Exploitation des résultats, rédaction de publications scientifiques.
- Expérimentations complémentaires sur jeunes plants (effets des températures extrêmes et de la sécheresse).



D'octobre 95 à mai 96 (Séjour au Burkina Faso)

Obiectif : application de niveaux de sécheresse sur les semis et les boutures. Effet sur l'efficiencie d'utilisation de l'eau et le  $\delta^{13}\text{C}$  pour les différentes descendances.

Du 1er mai 95 à décembre 96

Rédaction, soutenance à Nancy

Obiectif : Thèse sur publications (3-4 publications nécessaires, plus introduction)



## **Annexe 2.**

**Première proposition de projet de recherches sur *F. albida*.** Cette proposition doit être amendée et complétée par les chercheurs intéressés par une participation, et pourra le cas échéant déboucher sur une réponse à un appel d'offre pour financement (CEE DG XII éventuellement).

**Titre : Economie de l'eau de *Faidherbia albida*, espèce agroforestière soudano-sahélienne. Applications aux programmes d'amélioration génétique. Interactions avec les symbioses racinaires.**

*Pré projet de recherches élaboré conjointement par :*

INRA Nancy, Equipe Bioclimatologie Ecophysiologie, Unité Ecophysiologie Forestière,  
54280 CHAMPENOUX, tel : (33) 83 39 40 41, FAX : (33) 83 39 40 69.

CIRAD-Forêt, Programme Amélioration Génétique, 45 bis avenue de la Belle Gabrielle,  
94736 NOGENT sur Marne, tel (1) 43944300, Fax (1) 43 94 43 29..

IRBET, Département Forestier, 03 BP 7047, OUAGADOUGOU 03, Burkina Faso,

*Coordination :*

E. Dreyer, Chargé de Recherches, INRA Nancy

H. Joly, Responsable du Programme Amélioration, CIRAD-Forêt

**Première version, Nancy, le 28/2/94.**

### **Participants :**

1. Equipe Bioclimatologie Ecophysiologie, Unité Ecophysiologie Forestière, INRA Nancy : E. Dreyer, A. Granier, J.M. Guehl, H. Cochard et G. Aussenac.

2. Unité Sols et Microbiologie, INRA Nancy : E. Dambrine, F. Lapeyrie, J. Garbaye

3. CIRAD- Forêt, Programme Amélioration, et Programme Agroforesterie : H. Joly, O. Roupsard (allocataire de recherches), et R. Peltier.

4. Université de Paris VI, Station d'Hydrobiologie de Thonon les Bains, A. Ferhi.

5. IRBET, 03 BP 7047, Ouagadougou 03, Burkina Faso, O. Diallo, B. Bastide (Amélioration), D. Depommier (Arbre en Milieu Rural), A. Bâ (Biotechnologie des Symbioses Racinaires).

6. IRA , Maroua, Cameroun, J.M. Harmand.



### Contexte.

*Faidherbia albida*, légumineuse arborescente à cycle phénologique inversé, présente un potentiel d'utilisation important en Agroforesterie dans les zones semi arides Soudano-Sahéliennes. Son intégration dans les systèmes de culture traditionnels est très ancienne et largement répandue. Des programmes de recherches visant à la comparaison des performances de provenances très diverses sont en cours dans plusieurs pays, et en particulier au Burkina Faso et dans le Nord du Cameroun. La base génétique de cette espèce très fortement anthropisée commence à être connue. Par ailleurs, de nombreux travaux visent à maîtriser les symbioses racinaires (fixatrices d'azote, et endomycorhizes) et les conditions d'installation de jeunes plants.

Cependant, de nombreux aspects de la biologie de cette espèce restent mal connus, malgré leur importance potentielle dans les programmes de sélection et d'amélioration en vue de l'optimisation de son potentiel agroforestier. Il s'agit en particulier de tous les aspects liés à l'utilisation de l'eau, dont la disponibilité peut être un facteur limitant de la croissance voire de la survie. De plus, les modalités d'utilisation de l'eau vont fortement influencer les associations *Faidherbia*-cultures annuelles et leur mode de conduite.

La profondeur d'enracinement de cette espèce ainsi que sa phénologie inverse laisse supposer qu'elle a accès à des ressources en eau profondes, et qu'elle est relativement peu en compétition avec d'éventuelles cultures associées. Cependant, les dynamiques de prélèvement d'eau, l'évolution saisonnière de ces profondeurs, et des besoins réels au cours de la saison sèche, ainsi que les capacités de tolérance à la sécheresse restent inconnus, en partie du fait de la nécessité de mettre en oeuvre des techniques de mesures complexes en conditions naturelles. Enfin, l'efficacité d'utilisation de l'eau disponible, élément important d'optimisation des ressources en eau, reste inconnue. Les potentialités de fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, importantes chez de jeunes semis inoculés avec des souches de *Bradyrhizobium*, sont importantes, mais la fixation réelle en conditions naturelles est encore largement méconnue. Enfin, le rôle des symbioses endomycorhiziennes dans la tolérance à la sécheresse est fréquemment soupçonné, mais demande à être précisé sur cette espèce.

Des techniques expérimentales de développement récent permettent maintenant d'avoir accès à ces informations. (1) Des mesures directes de flux d'eau, en continu et in vivo, sont réalisables dans les troncs et permettent d'évaluer la consommation d'arbres individuels sur de longues périodes. (2) Une évaluation indirecte des profondeurs de prélèvement d'eau est possible en utilisant les isotopes naturels de l'oxygène présents dans la sève brute et dans les différents horizons de sol. Cette évaluation peut en particulier permettre de vérifier l'existence ou non d'une concurrence entre arbres et cultures associées par rapport à des réservoirs d'eau à différentes profondeurs. (3) L'efficacité d'utilisation de l'eau est un critère intéressant de sélection de provenances. Il s'avère en effet qu'il décrit le degré d'optimisation de l'utilisation de l'eau pour la production de biomasse, et qu'il est très héritable et sous forte dépendance génétique. Son évaluation a longtemps fait appel à des procédures de mesure contraignantes consistant à évaluer le rapport biomasse produite/eau consommée. Récemment, il est apparu que des mesures plus directes pouvaient être effectuées à des pas de temps courts en utilisant le rapport entre assimilation nette de CO<sub>2</sub> et transpiration mesurée par porométrie. Enfin, l'utilisation de la discrimination naturelle des isotopes de carbone (<sup>12</sup>C-<sup>13</sup>C) a permis tout récemment d'accéder à des valeurs intégrées dans la saison de végétation de ce paramètre, et même de suivre son évolution au cours du temps dans les arbres en analysant la composition de cernes successifs. (4) L'utilisation des variations naturelles de composition isotopique en <sup>15</sup>N peut permettre d'évaluer quantitativement l'importance relative de la fixation symbiotique d'azote par rapport à l'assimilation d'azote nitrique ou ammoniacal du sol.

La présente proposition de recherches vise à appliquer ces approches à l'analyse du fonctionnement hydrique in situ de *F. albida*, à évaluer la pertinence de critères de sélection



basées sur des caractéristiques écophysiologicals, et enfin à apporter aux agroforestiers des éléments de compréhension du fonctionnement des associations *F. albida*-cultures annuelles.

### Programme de travaux.

#### 1. Analyse du fonctionnement hydrique de *F. albida* in situ

##### *a. Evaluation directe de la consommation en eau, et du fonctionnement hydrique de *F. albida*.*

Des mesures directes de flux de sève brute seront réalisées sur des arbres de parc ou d'essais de provenance. Le potentiel hydrique foliaire sera mesuré à l'aide d'une chambre à pression. L'évolution saisonnière de ces deux paramètres sera suivie. A partir de ces données et de la connaissance de l'indice foliaire individuel, on pourra évaluer la conductance hydraulique spécifique des arbres. Des mesures de conductance stomatique des feuilles permettront de vérifier l'importance des régulations des pertes en eau en fonction de la disponibilité, du potentiel hydrique et de la phénologie. Ces études permettront de préciser les besoins en eau de *F. albida* en fonction de sa phénologie.

Lieu : Burkina Faso, IRBET. Chercheurs impliqués : O. Roupsard, avec un encadrement par A. Granier et E. Dreyer, D. Depommier pour l'analyse du fonctionnement global du parc.

Matériel nécessaire: 1 chambre à pression; 1 poromètre LiCor, capteurs de flux de sève, 1 station météo de terrain, 1 intégrateur de surface foliaire "in situ" LiCor LAI 2000.

Durée des expérimentations : 2 saisons de végétation.

##### *b. Evaluation de la susceptibilité à l'embolie de jeunes plants de *F. albida*.*

Ces études in situ seront complétées par une analyse de l'architecture hydraulique de *F. albida* effectuée sur des plants d'un an élevés en serre à Nancy. On s'attachera en particulier à préciser la sensibilité de cette espèce à des phénomènes de cavitation et d'embolie en réponse à la sécheresse.

Lieu : INRA Nancy. Chercheurs : H. Cochard, A. Granier, E. Dreyer.

Matériel nécessaire : système de mesure existant à l'INRA.

##### *c. Evaluation des profondeurs de prélèvement d'eau et de l'origine de l'azote transporté à l'aide de la composition de la sève brute d'arbres adultes en isotopes naturels de l'oxygène et en de l'azote.*

La composition isotopique en  $^{16}\text{O}$  et  $^{18}\text{O}$  de l'eau du sol présente un gradient important en fonction de la profondeur. De plus, les nappes profondes se distinguent souvent des sols environnants par leur composition isotopique. L'analyse combinée de cette composition de la sève brute extraite des arbres et des différents horizons de sol permet d'évaluer quantitativement la participation de ces horizons à l'alimentation des arbres.

Par ailleurs, les teneurs élevées en nitrates des eaux de nappe sont souvent signalées, avec une composition en  $^{15}\text{N}$  très différente de celle des autres horizons. De plus, l'analyse de la



composition des produits azotés présents dans la sève brute pourra éventuellement renseigner sur l'importance de ces sources d'azote par rapport à la fixation d'azote atmosphérique, ou les nitrates et sels ammoniacaux des horizons superficiels.

L'application de ces techniques prometteuses à *F. albida* permettrait de répondre à de nombreuses interrogations concernant l'approvisionnement de cette espèce en eau et en azote, ainsi que son évolution saisonnière. Une étude préliminaire sera faite dans le cadre de ce projet, en particulier pour vérifier l'ampleur des gradients dans les sols, et tester les méthodes d'extraction de sève brutes mises au point sur des espèces de zones tempérées. Cette étude débouchera sur une expérimentation plus complète en fonction de ses résultats. Deux missions d'un quinzaine de jours sont à prévoir pour 2-3 chercheurs et techniciens français. Des campagnes de prélèvements d'échantillons de sol et de sève brute des arbres seront organisées

Lieu : Burkina Faso, IRBET. Chercheurs impliqués : E. Dambrine, E. Dreyer, A. Fehri et un chercheur de l'IRBET. Une extension à des parcs à *F. albida* au Nord Cameroun est envisagée (J.M. Harmand).

Matériel nécessaire : petit matériel de prélèvement et de conditionnement d'échantillons, spectromètre de masse existant à Thonon les Bains, accès à un carotier local pour des prélèvements de sol en profondeur.

Fonctionnement : frais d'analyse, missions.

## 2. Analyse comparée de l'efficacité de l'eau de diverses provenances de *F. albida*.

Le projet se propose d'appliquer les approches isotopiques à l'analyse de l'efficacité d'utilisation de l'eau des diverses provenances et descendances de *F. albida* présentes dans les essais comparatifs mis en place depuis 1985 par l'IRBET en collaboration avec le CIRAD Forêt au Burkina Faso. Les expérimentations impliqueront :

a. des essais sur jeunes plants en conteneurs pour les quels on vérifiera la relation entre composition isotopique des feuilles et des tiges, et efficacité de l'eau mesurée par des techniques classiques (rapport biomasse produite/ eau consommée); ces essais seront réalisés à l'IRBET ;

Lieu : IRBET Ouagadougou, chercheur impliqué : O Rounsard avec l'appui de B. Diallo, B. Bastide et A. Bâ.

matériel nécessaire : 1 système de mesure portable de photosynthèse (identique à celui de la), spectromètre de masse, 1 balance de précision pour évaluer la consommation en eau de plants en conteneurs.

fonctionnement : essentiellement analyse de composition isotopique, frais d'élevage des plants.

b. des évaluation d'efficacité de l'eau sur arbres adultes par mesure des rapports instantanés assimilation de CO<sub>2</sub>/transpiration de différentes provenances et descendances; la détermination de la composition isotopique permettra de confirmer ces résultats. La variabilité phénotypique de l'efficacité de l'eau sera prise en compte en comparant les résultats de génotypes identiques plantés dans des conditions très contrastées (Dindéresso, région de Bobo Dioulasso, 1200 mm de pluie; Gonsé, région de Ouagadougou, 700-800 mm; Djibo, Nord du Burkina, 400 mm), et en comparant la composition de cernes successifs dans les mêmes arbres.



Lieu : IRBET Ouagadougou et essais de terrain, chercheurs impliqués : O Rounsard, B. Bastide, O. Diallo, H. Joly, JM Guehl, E. Dreyer

matériel nécessaire : 1 système de mesure portable de photosynthèse (identique à celui de la ), spectromètre de masse.

fonctionnement : essentiellement analyses de composition isotopique, déplacements, missions.

### 3. Comparaison de la fixation symbiotique d'azote de diverses provenances de *F. albida* cultivées en pots.

Le projet se propose d'appliquer les approches isotopiques à l'analyse de la fixation symbiotique de l'azote par des semis en pots de diverses provenances et descendances de *F. albida*. L'expérimentation servant de base à ce travail sera la même que celle décrite en 3.a. La technique utilisée sera celle de la composition en  $^{15}\text{N}$  de la plante.

Lieu : IRBET Ouagadougou, chercheurs impliqués : A. Bâ ; un appui complémentaire est à rechercher à l'INRA Nancy (F. Lapeyrie?) et au CNRS Lyon (A.M. Domenach).

### 4. Effets de la symbiose endomycorhizienne sur la tolérance à la sécheresse de jeunes plants de *F. albida*.

Le projet se propose de réaliser quelques expériences sur jeunes plants de *F. albida* mycorrhizés, et de déterminer les améliorations dans le fonctionnement hydrique apportées par la symbiose, les modifications dans la réponse à la sécheresse induites.

Lieu : IRBET Ouagadougou, et INRA Nancy, chercheurs impliqués : A. Bâ, E. Dreyer, F. Lapeyrie.

### Répartition des tâches.

CIRAD Forêt prend en charge les aspects génétiques du projet, et définit les priorités de choix de matériel végétal; il met à disposition un allocataire de recherches à plein temps (O. Rounsard) et en assure l'encadrement. Les expérimentations de terrain seront menées par cet allocataire, en liaison directe avec les chercheurs de l'IRBET.

INRA Nancy fournit une assistance scientifique et technique dans les domaines liés à l'écophysiologie (fonctionnement hydrique, efficacité de l'eau), et participe à l'encadrement scientifique de l'allocataire. INRA Nancy participe à l'installation de certains des dispositifs (en particulier de mesure des flux de sève). De plus, INRA Nancy prend à sa charge certaines expérimentations demandant un travail préliminaire de mise au point, en particulier l'étude de la susceptibilité la cavitation, et celle de la composition isotopique de la sève ( $^{18}\text{O}$  et  $^{15}\text{N}$ ).

Université de Paris VI-Thonon et CNRS Lyon interviennent à titre d'expert dans la finalisation des expérimentation impliquant l'utilisation d'isotopes ( $^{13}\text{C}$  et  $^{15}\text{N}$ ).

IRBET intervient directement dans les expérimentations faites in situ tant sur jeunes plants, que sur arbres adultes. Il met à disposition du programme les dispositifs de terrain, et réalise les expériences sur jeunes plantes prévues à Ouagadougou. Il accueille l'allocataire CIRAD entre 6 et 8 mois par an.



## Annexe.

Relevé cartographique du Parc à *F. albida* du village de Dossi (relevé établi par D. Depommier) indiquant la position du village et des arbres individuels.

